

PENERAPAN MODEL PERSAMAAN DIFERENSIAL LOGISTIK UNTUK MEMPERKIRAKAN LAJU PERTUMBUHAN KENDARAAN BERMOTOR DI PROVINSI SUMATERA UTARA

Khairunnisa Ani Putri

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
khairunnisaaniputri102@gmail.com*

Aulia Fatma Br Panjaitan

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
auliafatma171@gmail.com

Rika Hanifah Tanjung

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
rikahanifahh03@gmail.com

Muhammad Dwi Alfitra

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
malfibjayy@gmail.com

Abstrak

Pertumbuhan kendaraan bermotor di Provinsi Sumatera Utara terus meningkat didorong oleh pesatnya pertumbuhan penduduk dan urbanisasi yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk memproyeksikan jumlah kendaraan bermotor di wilayah tersebut hingga tahun 2030 serta mengidentifikasi dinamika pertumbuhan kendaraan mendekati kapasitas maksimum. Dengan memanfaatkan data historis dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan menggunakan metode kuantitatif berbasis model logistik, penelitian ini berupaya memberikan dasar yang kuat untuk perencanaan transportasi yang lebih efektif dan berkelanjutan. Hasil analisis menunjukkan bahwa jumlah kendaraan bermotor diproyeksikan meningkat dari 7.595.500 unit pada 2024 menjadi 8.001.900 unit pada 2030, mendekati kapasitas maksimum sebesar 8.151.734 unit. Seiring mendekati batas ini, laju pertumbuhan kendaraan menunjukkan perlambatan signifikan, memberikan gambaran realistis mengenai kapasitas daya dukung sistem transportasi. Model Logistik II dipilih sebagai pendekatan terbaik dengan tingkat akurasi tinggi (MAPE 1,14%), menjadikannya alat yang andal untuk mendukung pengambilan keputusan strategis dalam pengelolaan transportasi. Penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk menyediakan prediksi yang akurat, tetapi juga untuk memperluas aplikasi model logistik pada objek non-manusia, seperti kendaraan bermotor, sehingga memberikan kontribusi penting bagi literatur akademik dan praktis terkait transportasi, urbanisasi, dan perencanaan infrastruktur di masa depan.

Kata Kunci : model logistik, kapasitas maksimum, sumatera utara, kendaraan.

Abstract

The growth of motor vehicles in North Sumatra Province continues to increase due to rapid population growth and significant urbanization. This study aims to project the number of motor vehicles in the region by 2030 and identify vehicle growth dynamics near maximum capacity. Using historical data from the Central Statistical Office (BPS) and using a quantitative method based on logistics models, this study attempted to provide a good foundation for more effective and sustainable transport planning. The analysis results show that the number of motor vehicles is projected to increase from 7,595,500 units in 2024 to 8,001,900 units in 2030, close to the maximum capacity of 8,151,734 units. As this limit approaches, the vehicle's growth rate shows a significant slowdown, providing a realistic picture of the support capacity of the transport system. Logistics Model II was chosen as the best approach with high accuracy (MAPE 1.14%), making it a reliable tool to support strategic decision-making in transport management. The study aims not only to provide accurate predictions, but also to expand the application of logistics models to non-human objects, such as motor vehicles, thus making important contributions to academic and practical literature related to transportation, urbanization, and future infrastructure planning.

Keywords: logistics model, carrying capacity, North Sumatra, vehicles.

PENDAHULUAN

Provinsi Sumatera Utara mengalami pertumbuhan penduduk yang cukup pesat, sehingga saat ini menjadi provinsi dengan jumlah penduduk terbanyak keempat di Indonesia, berada di bawah Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur. (Batubara, 2021). Berdasarkan data terkini, pada tahun 2023 jumlah penduduknya mencapai 15.386.640 jiwa. Selain itu, laju pertumbuhan penduduk di Sumatera Utara menunjukkan peningkatan yang signifikan, yaitu dari 1,28% per tahun pada periode 2010-2020, menjadi 1,43% per tahun pada periode 2020-2023. Kenaikan ini mencerminkan tingginya mobilitas penduduk dan perkembangan ekonomi yang menjadikan Sumatera Utara sebagai salah satu provinsi yang strategis di Indonesia (Siregar, 2024).

Pesatnya pertumbuhan penduduk ini berdampak langsung pada meningkatnya kebutuhan transportasi di Sumatera Utara. Seiring bertambahnya jumlah kendaraan bermotor, pengelolaan lalu lintas dan infrastruktur transportasi menjadi tantangan yang semakin rumit untuk dihadapi (Batubara, 2021). Pertumbuhan jumlah kendaraan yang pesat di suatu wilayah dapat menimbulkan berbagai masalah, seperti kemacetan yang semakin padat, polusi udara yang meningkat, dan percepatan kerusakan jalan. Meski demikian, dampak-dampak negatif ini dapat dikurangi jika pemerintah dan pihak terkait mampu menyediakan infrastruktur transportasi yang memadai dan ramah lingkungan. Untuk mencegah peningkatan jumlah kendaraan yang tidak terkendali dan mengurangi risiko kemacetan parah, diperlukan langkah-langkah strategis dalam pengelolaan transportasi. Hal ini menjadi perhatian khusus di Provinsi Sumatera Utara yang mengalami kenaikan signifikan dalam jumlah kendaraan setiap tahunnya. Menurut data terbaru dari Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah kendaraan bermotor di provinsi Sumatera Utara terus bertambah, mencapai sekitar 6,7 juta unit pada tahun 2020, dan meningkat menjadi 7,7 juta pada tahun 2023 (Statistik, 2023). Angka ini diproyeksikan akan terus bertambah sejalan dengan pertumbuhan populasi dan proses urbanisasi. Berdasarkan kondisi ini, sangat penting untuk memiliki metode yang dapat memprediksi pertumbuhan jumlah kendaraan dalam beberapa tahun mendatang, sehingga perencanaan

transportasi bisa dilakukan secara lebih akurat dan berkelanjutan.

Penerapan model logistik dalam memprediksi pertumbuhan kendaraan di Provinsi Sumatera Utara memiliki peran yang sangat penting. Model ini memungkinkan analisis yang lebih mendalam terhadap data-data tahun sebelumnya dan beberapa faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan jumlah kendaraan sehingga dapat membantu pemerintah dan pemangku kepentingan menyusun kebijakan transportasi yang tepat (Fauziyah, 2019). Meski sebagian besar penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada pertumbuhan populasi manusia, penerapan model logistik untuk memprediksi pertumbuhan kendaraan fisik masih jarang dijelajahi. Pada umumnya, model logistik digunakan untuk memprediksi populasi atau hal-hal yang berkaitan dengan pertumbuhan manusia (Anggreini, 2018). Namun, dalam penelitian ini, model logistik diterapkan pada objek non-manusia, yaitu kendaraan yang memiliki konsep yang berbeda dalam hal pertumbuhannya. Dengan demikian, penelitian ini dapat memperkaya literatur terkait penggunaan model logistik pada objek non-populasi manusia dan memberikan pendekatan baru dalam perencanaan transportasi dan infrastruktur. Karena itu, penggunaan model logistik dalam konteks ini memberikan pendekatan yang inovatif dan bermanfaat untuk perencanaan transportasi di wilayah Sumatera Utara. Dengan demikian, penerapan metode ini tidak hanya mendukung perencanaan infrastruktur transportasi, tetapi juga membantu membangun sistem transportasi yang lebih berkelanjutan dan efisien di Sumatera Utara.

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi jumlah kendaraan di Provinsi Sumatera Utara dari tahun 2025 hingga 2030 menggunakan model logistik. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran mengenai potensi pertumbuhan kendaraan di wilayah tersebut yang nantinya dapat mendukung pengambilan keputusan dalam manajemen transportasi, pengembangan infrastruktur, serta perencanaan kebijakan lingkungan.

KAJIAN TEORI

Model logistik dikembangkan sebagai pengembangan lebih lanjut dari model eksponensial

yang awalnya diperkenalkan oleh Malthus (Anggreini, 2018). Model eksponensial berasumsi bahwa populasi dapat tumbuh tanpa batas, tanpa mempertimbangkan keterbatasan lingkungan. Namun, seiring waktu, asumsi ini terbukti kurang realistis karena populasi selalu dihadapkan pada keterbatasan sumber daya alam, ruang, dan faktor-faktor lingkungan lainnya. Untuk mengatasi masalah ini, Pierre Francois Verhulst pada tahun 1838 memperkenalkan model logistik, yang memperhitungkan kapasitas dukung lingkungan, yaitu kapasitas maksimum individu yang dapat dihuni oleh suatu wilayah tanpa merusak sumber daya yang ada (Resmawan, 2019). Dengan demikian, model logistik dianggap lebih realistis karena tidak hanya memandang pertumbuhan sebagai faktor yang tetap, tetapi juga memperhitungkan dampak kepadatan populasi terhadap laju pertumbuhan.

Hingga kini, model logistik tetap merupakan salah satu metode yang paling umum diterapkan untuk memproyeksikan pertumbuhan populasi atau fenomena lain yang dipengaruhi oleh batasan lingkungan. Kelebihan utama model ini terletak pada kemampuannya menghasilkan prediksi yang lebih akurat dengan menggambarkan interaksi antara pertumbuhan populasi dan faktor pembatas. Dengan memasukkan elemen kapasitas batas, model logistik memberikan gambaran yang lebih realistis tentang dinamika pertumbuhan yang dipengaruhi oleh kepadatan populasi dan ketersediaan sumber daya, sehingga lebih sesuai dengan data empiris (Iswanto & Juli, 2012). Model pertumbuhan logistik memperhitungkan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan alami (*intrinsic growth*) dan kapasitas maksimum (*carrying capacity*) yang disediakan oleh lingkungan tempat populasi tersebut berada (Lipkin & Smith, 2006).

Karakteristik Pertumbuhan Logistik

Menurut (Seroan et al., 2024), pertumbuhan logistik memiliki beberapa karakteristik utama yaitu:

1. Keterbatasan Sumber Daya
2. Kapasitas Lingkungan (Daya Dukung)
3. Kurva *Sigmoid* (S)
4. Pengaruh Kepadatan

METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian kuantitatif, yaitu penelitian yang fokus pada analisis data numerik (angka) yang selanjutnya

diproses menggunakan metode statistik (Sudaryana, 2022). Karakteristik utama dari penelitian kuantitatif meliputi penggunaan data numerik yang dapat diukur dan dianalisis secara objektif, serta pengujian hipotesis yang memungkinkan peneliti untuk menerima atau menolak asumsi awal (Kusumastuti et al., 2020). Dalam hal ini, model logistik sangat berguna untuk memperkirakan jumlah kendaraan hingga tahun 2030 dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti populasi dan perkembangan pertumbuhan kendaraan (Abdullah et al., 2021).

Dalam penelitian ini, peneliti memanfaatkan data sekunder. Data sekunder merujuk pada informasi tambahan yang digunakan untuk memperkuat penelitian dari literatur terkait. Data sekunder diperoleh melalui pengumpulan informasi secara tidak langsung dengan meneliti objek yang relevan (Assyakurrohim et al., 2022). Dalam penelitian ini, data tersebut berupa jumlah kendaraan tahunan yang diperoleh dari laporan tahunan Badan Pusat Statistik (BPS).

Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan metode pendekatan model logistik. Model logistik yang digunakan dalam penelitian ini memiliki rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{C}{e^{-kt} \left(\frac{C}{P_0} - 1 \right) + 1} \quad (1)$$

dimana:

- P adalah jumlah kendaraan pada waktu t
- P_0 adalah jumlah kendaraan pada tahun awal
- C adalah kapasitas maksimum
- k adalah laju pertumbuhan populasi kendaraan
- t adalah tahun pengamatan, dihitung dari tahun awal

Laju pertumbuhan k diperoleh dengan menghitung rata-rata pertumbuhan eksponensial dari data historis, sementara kapasitas maksimum C dihitung menggunakan rumus berikut:

$$C = \frac{P_1(P_0P_1 - 2P_0P_2 + P_1P_2)}{P_1^2 - P_0P_2} \quad (2)$$

dimana:

- P_0 : Populasi kendaraan pada tahun pertama
- P_1 : Populasi kendaraan pada tahun kedua
- P_2 : Populasi kendaraan pada tahun ketiga

Untuk mengevaluasi kecocokan suatu model dalam memproyeksikan jumlah kendaraan,

digunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Konsep MAPE ini sangat penting dalam menentukan model terbaik di antara beberapa model yang ada. Model yang memiliki nilai MAPE terkecil dianggap sebagai model yang paling akurat dan kemudian dapat digunakan untuk menghitung waktu yang diprediksi (Rozikin et al., 2021). Rumus yang digunakan untuk menghitung MAPE yaitu:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\% \quad (3)$$

dimana,

y_i = nilai sebenarnya

$\hat{y}_i$ = nilai prediksi

Penafsiran nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) pada suatu model prediksi dapat dikelompokkan ke dalam beberapa kategori. Model dengan nilai MAPE kurang dari 10% diklasifikasikan sebagai sangat akurat, sedangkan nilai MAPE antara 10% hingga kurang dari 15% menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik. Selanjutnya, model dengan nilai MAPE antara 15% hingga kurang dari 20% dianggap memiliki akurasi yang baik. Jika nilai MAPE berada pada rentang 20% hingga kurang dari 50%, hasil prediksi dinilai masih masuk akal. Sebaliknya, jika nilai MAPE lebih dari 50%, maka model tersebut dianggap tidak akurat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memproyeksikan jumlah kendaraan di Provinsi Sumatera Utara, diperlukan analisis terhadap data historis jumlah kendaraan di wilayah tersebut. Langkah ini bertujuan untuk memahami pola dan tren yang ada dalam data, sehingga proyeksi yang dihasilkan dapat lebih akurat. Jumlah data yang dianalisis juga berperan penting dalam menentukan tingkat keakuratan model prediksi terhadap kondisi jumlah kendaraan secara keseluruhan.

Berikut adalah tabel 1 yang menampilkan jumlah kendaraan di Provinsi Sumatera Utara selama periode 2015-2023:

Tabel 1. Jumlah Kendaraan di Provinsi Sumatera Utara

Tahun	t	Jumlah Kendaraan
2017	1	5.996.387
2018	2	6.337.005
2019	3	6.637.388
2020	4	6.746.979
2021	5	7.046.088
2022	6	7.339.034
2023	7	7.798.125

Berdasarkan tabel 1, terlihat bahwa jumlah kendaraan di Provinsi Sumatera Utara terus melonjak dari tahun 2017 hingga 2023. Secara keseluruhan, jika dibandingkan antara jumlah kendaraan pada tahun awal dan akhir periode, terjadi pertumbuhan yang signifikan dalam jumlah kendaraan di wilayah tersebut.

Untuk membangun model logistik berdasarkan data jumlah kendaraan pada tabel 1, langkah dasar yang perlu dilakukan adalah menentukan kapasitas maksimum (*carrying capacity*). Kapasitas maksimum ini dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan (2):

$$C = \frac{P_1(P_0P_1 - 2P_0P_2 + P_1P_2)}{P_1^2 - P_0P_2}$$

Kemudian substitusikan nilai $P_0 = 5.996.387$, $P_1 = 6.337.005$, $P_2 = 6.637.388$ ke dalam rumus kapasitas maksimum:

$$C = \frac{6.337.005((5.996.387 \cdot 6.337.005) - (2 \cdot 5.996.387 \cdot 6.637.388) + (6.337.005 \cdot 6.337.005))}{6.337.005^2 - 5.996.387 \cdot 6.637.388}$$

$$C = 8.151.734$$

Sesuai dengan persamaan (1) yang dijelaskan dalam kajian teori, prediksi jumlah kendaraan bermotor dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$P = \frac{C}{e^{-kt} \left(\frac{C}{P_0} - 1 \right) + 1}$$

Substitusi nilai C dan P_0 maka

$$P = \frac{8.151.734}{e^{-kt} \left(\frac{8.151.734}{5.996.387} - 1 \right) + 1}$$

$$P = \frac{8.151.734}{e^{-kt(0,359441)} + 1} \quad (4)$$

Untuk memperoleh nilai k pada tahun 2018 dengan nilai $t = 1$ dan $P_1 = 6.337.005$, jika disubstitusikan ke persamaan (4) maka

$$6.337.005 = \frac{8.151.734}{e^{-kt(0,359441)} + 1}$$

$$e^{-k(0,359441)} = \frac{8.151.734 - 6.337.005}{6.337.005}$$

$$e^{-k}(0,359441) = 0,28637$$

$$e^{-k} = \frac{0,28637}{0,359441} = 0,796709$$

$$-k = \ln(0,796709)$$

$$k = -\ln 0,796709 = 0,227266$$

Nilai k pada P_1 disubstitusikan ke persamaan (4) sehingga menghasilkan

$$P(t) = \frac{8.151.734}{e^{-0,227266 t(0,359441)+1}} \quad (\text{model I})$$

Untuk memperoleh nilai k pada tahun 2019 dengan nilai $t = 2$ dan $P_2 = 6.637.388$ disubstitusikan ke persamaan (1) akan menghasilkan

$$6.637.388 = \frac{8.151.734}{e^{-2kt(0,359441)+1}}$$

$$e^{-2k}(0,359441) = \frac{8.151.734-6.637.388}{6.637.388}$$

$$k = 0,227264$$

Nilai k pada P_2 disubstitusikan ke persamaan (4) sehingga menghasilkan

$$P(t) = \frac{8.151.734}{e^{-0,227264 t(0,359441)+1}} \quad (\text{model II})$$

Untuk memperoleh nilai k pada tahun 2020 dengan nilai $t = 3$ dan $P_3 = 6.746.979$ disubstitusikan ke persamaan (1) akan menghasilkan

$$6.746.979 = \frac{8.151.734}{e^{-3kt(0,359441)+1}}$$

$$e^{-3k}(0,359441) = \frac{8.151.734-6.746.979}{6.746.979}$$

$$k = 0,182009$$

Nilai k pada P_3 disubstitusikan ke persamaan (4) sehingga menghasilkan

$$P(t) = \frac{8.151.734}{e^{-0,182009 t(0,359441)+1}} \quad (\text{model III})$$

Untuk memperoleh nilai k pada tahun 2021 dengan nilai $t = 4$ dan $P_4 = 7.046.088$ disubstitusikan ke persamaan (1) akan menghasilkan

$$7.046.088 = \frac{8.151.734}{e^{-4kt(0,359441)+1}}$$

$$e^{-4k}(0,359441) = \frac{8.151.734-7.046.088}{7.046.088}$$

$$k = 0,20721$$

Nilai k pada P_4 disubstitusikan ke persamaan (4) sehingga menghasilkan

$$P(t) = \frac{8.151.734}{e^{-0,20721 t(0,359441)+1}} \quad (\text{model IV})$$

Untuk memperoleh nilai k pada tahun 2022 dengan nilai $t = 5$ dan $P_5 = 7.339.034$ disubstitusikan ke persamaan (1) akan menghasilkan

$$7.339.034 = \frac{8.151.734}{e^{-5kt(0,359441)+1}}$$

$$e^{-5k}(0,359441) = \frac{8.151.734-7.339.034}{7.339.034}$$

$$k = 0,235479$$

Nilai k pada P_5 disubstitusikan ke persamaan (4) sehingga menghasilkan

$$P(t) = \frac{8.151.734}{e^{-0,235479 t(0,359441)+1}} \quad (\text{model V})$$

Untuk memperoleh nilai k pada tahun 2023 dengan nilai $t = 6$ dan $P_6 = 7.798.125$ disubstitusikan ke persamaan (4) akan menghasilkan

$$7.798.125 = \frac{8.151.734}{e^{-6kt(0,359441)+1}}$$

$$e^{-6k}(0,359441) = \frac{8.151.734-7.798.125}{7.798.125}$$

$$k = 0,345041$$

Nilai k pada P_1 disubstitusikan ke persamaan (4) sehingga menghasilkan

$$P(t) = \frac{8.151.734}{e^{-0,345041 t(0,359441)+1}} \quad (\text{model VI})$$

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh model logistik sebagai berikut:

1. Model logistik I menunjukkan estimasi pertumbuhan tahunan sebesar 22,73%
2. Model logistik II menunjukkan estimasi pertumbuhan tahunan sebesar 22,73%
3. Model logistik III menunjukkan estimasi pertumbuhan tahunan sebesar 18,20%
4. Model logistik IV menunjukkan estimasi pertumbuhan tahunan sebesar 20,72%
5. Model logistik V menunjukkan estimasi pertumbuhan tahunan sebesar 23,55%
6. Model logistik I menunjukkan estimasi pertumbuhan tahunan sebesar 34,50%

Kemudian, model logistik dimodifikasi untuk menghasilkan estimasi yang dapat dibandingkan dengan data jumlah kendaraan dari tahun 2017 hingga 2023 sebagai berikut:

Tabel 2. Pertumbuhan jumlah kendaraan menggunakan model logistik

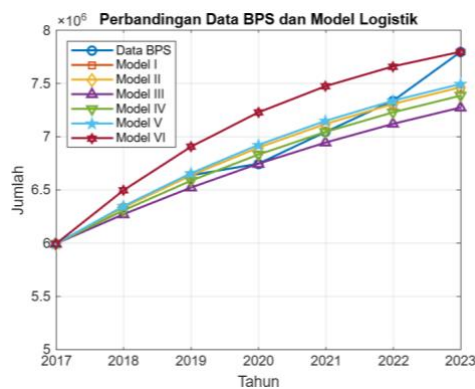
t	Model					
	I	II	III	IV	V	VI
1	5.996.387	5.996.387	5.996.387	5.996.387	5.996.387	5.996.387
2	6.337.007	6.337.004	6.272.361	6.308.556	6.348.567	6.497.720
3	6.637.391	6.637.386	6.522.599	6.587.308	6.657.540	6.906.656
4	6.897.892	6.897.886	6.746.980	6.832.717	6.923.811	7.228.847
5	7.120.543	7.120.536	6.946.168	7.046.090	7.149.773	7.475.824
6	7.308.490	7.308.482	7.121.426	7.229.606	7.339.034	7.661.191
7	7.465.483	7.465.475	7.274.424	7.385.971	7.495.825	7.798.127

Selanjutnya, dilakukan perhitungan nilai MAPE untuk mengukur tingkat akurasi prediksi model logistik sehingga memungkinkan pemilihan model terbaik yang paling sesuai dengan data aktual. MAPE dihitung menggunakan rumus yang ada pada persamaan (3), demikian nilai MAPE yang didapat untuk setiap model yaitu:

Tabel 3. Nilai MAPE untuk setiap model logistik

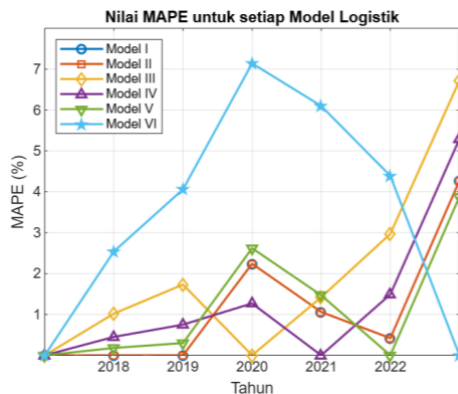
t	Model					
	I	II	III	IV	V	VI
1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2	0.000 03%	0.0000 2%	1.02%	0.45%	0.18%	2.54%
3	0.000 05%	0.0000 3%	1.73%	0.75%	0.30%	4.06%
4	2.24%	2.24%	0.00001 %	1.27%	2.62%	7.14%
5	1.06%	1.06%	1.42%	0.0000 3%	1.47%	6.10%
6	0.42%	0.42%	2.97%	1.49%	0.00%	4.39%
7	4.27%	4.27%	6.72%	5.29%	3.88%	0.0000 3%
=	1,14%	1,14%	1,98%	1,32%	1,21%	3,46%

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 3, sebuah kurva dapat dibentuk seperti yang terlihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Grafik jumlah kendaraan di Provinsi Sumatera Utara berdasarkan data BPS dan hasil model logistik

Selanjutnya, berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 3, sebuah kurva dapat dibentuk seperti yang terlihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Grafik perhitungan MAPE untuk setiap model logistik

Pada Tabel 3 dan Gambar 2 terlihat bahwa model logistik I dan II memiliki *error* terkecil dengan nilai MAPE yang sama, menunjukkan tingkat akurasi yang optimal. Dalam hal ini karena kedua

model tersebut memiliki performa yang setara, maka peneliti menggunakan model logistik II untuk menghitung nilai prediksi pada tahun 2024-2030.

Dengan menggunakan model logistik II didapat nilai MAPE pada tabel 4 sebesar 1,14%. Nilai MAPE tersebut lebih kecil dari 10%, maka menurut (Zainun, 2011) dalam (Rosiyanti & Sugandha, 2022) model pertumbuhan logistik ini dapat memproyeksikan pertumbuhan kendaraan dengan sangat baik hingga tahun 2030. Sebagai tambahan, MAPE dianggap baik apabila berada dalam rentang 10-20%. Karena model logistik II yang akan diterapkan untuk memproyeksikan jumlah kendaraan di Provinsi Sumatera Utara pada periode 2024-2030, maka persamaan model yang digunakan adalah

$$P(t) = \frac{8.151.734}{e^{-0,182009 t(0,359441)+1}}$$

Laju pertumbuhan relatif dari model tersebut adalah 22,73% pertahun. Selanjutnya model logistik II akan digunakan untuk memprediksi jumlah kendaraan pada tahun 2024 dengan mengambil $t = 2024 - 2017 = 7$ sehingga dihasilkan:

$$P(7) = \frac{8.151.734}{e^{-0,182009 (7)(0,359441)+1}}$$

$$P(7) = \frac{8.151.734}{e^{-1,274063}(0,359441)+1}$$

$$P(7) = 7.595.500$$

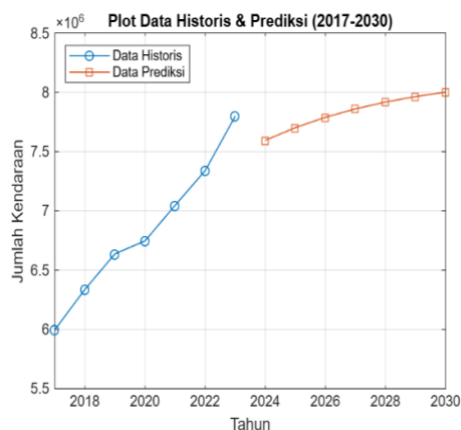
Hasil perhitungan menggunakan model logistik menunjukkan bahwa jumlah kendaraan di Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2024 diprediksi mencapai 7.595.500 unit. Dengan metode yang sama, prediksi jumlah kendaraan untuk tahun 2025 hingga 2030 juga dapat dihitung. Prediksi jumlah kendaraan untuk periode 2025-2030 disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Prediksi jumlah kendaraan (unit) 2025-2030

Tahun	t	Hasil Prediksi
2024	1	7.595.500
2025	2	7.702.300
2026	3	7.789.600
2027	4	7.860.600
2028	5	7.918.100
2029	6	7.964.500
2030	7	8.001.900

Pada Tabel 4 di atas menunjukkan tren kenaikan jumlah kendaraan yang konsisten, dari 5.996.387 pada tahun 2017 menjadi 7.798.125 pada tahun 2023. Namun, hasil prediksi menggunakan model pertumbuhan logistik menunjukkan potensi

penurunan jumlah kendaraan mulai tahun 2024. Hal ini dapat dijelaskan oleh sifat model pertumbuhan logistik, yang memasukkan asumsi kapasitas maksimum sebesar 8.151.734 unit kendaraan. Ketika jumlah kendaraan mendekati kapasitas ini, laju pertumbuhan akan melambat, dan bahkan dapat menunjukkan penurunan seiring dengan penyesuaian dinamika sistem. Grafik data prediksi kendaraan di Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2024-2030 menggunakan software *Matlab* ditunjukkan pada gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Plot data historis dan data prediksi pertumbuhan kendaraan di Provinsi Sumatera Utara

PENUTUP

SIMPULAN

Berdasarkan analisis dan implementasi perhitungan menggunakan Model Logistik II, jumlah kendaraan di Provinsi Sumatera Utara diproyeksikan terus meningkat setiap tahunnya hingga mendekati kapasitas maksimum sebesar 8.151.734 unit. Pada tahun 2024, jumlah kendaraan diperkirakan mencapai 7.595.500 unit, sedikit menurun dari tahun sebelumnya akibat efek kapasitas maksimum. Setelah itu, jumlah kendaraan kembali bertambah menjadi 7.702.300 unit pada tahun 2025, 7.789.600 unit pada tahun 2026, 7.860.600 unit pada tahun 2027, dan 7.918.100 unit pada tahun 2028. Pada tahun 2029, jumlah kendaraan diproyeksikan mencapai 7.964.500 unit dan akhirnya mendekati kapasitas maksimum dengan jumlah 8.001.900 unit pada tahun 2030. Proyeksi ini menunjukkan bahwa pertumbuhan kendaraan di Sumatera Utara semakin melambat karena mendekati kapasitas maksimum, memberikan gambaran realistis tentang dinamika pertumbuhan

kendaraan. Model Logistik II dipilih sebagai model terbaik untuk proyeksi ini karena memiliki nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 1,14%, yang merupakan nilai terkecil dibandingkan model lainnya, sehingga memberikan hasil yang sangat akurat. Dengan mempertimbangkan batas kapasitas maksimum, model ini dapat memberikan dasar yang kuat bagi pemerintah untuk merencanakan infrastruktur transportasi yang lebih efektif dan berkelanjutan di masa depan.

SARAN

Saran disusun berdasarkan temuan penelitian yang telah dibahas. Saran dapat mengacu pada tindakan praktis, pengembangan teori baru, dan/atau penelitian lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K., Jannah, M., Fadilla, Z., Taqwin, Masita, Ardiawan, K. N., & Sari, M. E. (2021). *Metodologi Penelitian Kuantitatif* (N. Saputra (ed.)). Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.
- Anggreini, D. (2018). Penerapan Persamaan Diferensial Verhulst dalam Menentukan Proyeksi Penduduk di Kabupaten Tulungagung. *Jurnal Fourier*, 7(2), 87-102. <https://doi.org/10.14421/fourier.2018.72.87-102>
- Assyakurrohm, D., Ikham, D., Sirodj, R. A., & Afgani, M. W. (2022). Metode Studi Kasus dalam Penelitian Kualitatif. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Komputer*, 3(1), 1-9. <https://doi.org/10.47709/jpsk.v3i01.1951>
- Batubara, M. S. R. A. S. (2021). Pengaruh Aglomerasi, Tenaga Kerja, Pertumbuhan Penduduk, Dan Investasi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Sumatera Utara Tahun 2015-2020. *Jurnal Ekonomi Diponegoro*, 10, 350-360. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/dje>
- Fauziyah, N. (2019). *Analisis Data Menggunakan Multiple Logistic Regression Test di Bidang Kesehatan Masyarakat dan Klinis* (G. P. E. Mulyo (ed.); Pertama). Politeknik Kesehatan Kemenkes Bandung.
- Iswanto, & Juli, R. (2012). *Pemodelan Matematika : Aplikasi dan Terapannya*. Graha Ilmu.
- Kusumastuti, A., Khoiron, A. M., & Achmadi, T. A. (2020). *Metode Penelitian Kuantitatif* (Pertama).

Penerbit Deepublish.

- Lipkin, L., & Smith, D. (2006). *Logistic Growth Model*.
<http://www.math.duke.edu/education/ccp/materials/diffeq/logistic/logi1.html>.
- Resmawan. (2019). *Pemodelan Deterministik Dinamika Populasi*. In *Matematika, Jurusan Gorontalo, Universitas Negeri*.
- Rosiyanti, & Sugandha, A. (2022). Aplikasi model Pertumbuhan Logistik Dalam Menentukan Proyeksi Penduduk Di Kabupaten Banyumas. *Perwira Journal of Science & Engineering*, 2(2), 25–31. <https://doi.org/10.54199/pjse.v2i2.134>
- Rozikin, N., Sarjana, K., Arjudin, & Hikmah, N. (2021). Aplikasi Persamaan Diferensial Dalam Mengestimasi Jumlah Penduduk dengan Menggunakan Model Eksponensial dan Logistik. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Aplikasinya*, 1(1), 44–55. <https://mathjournal.unram.ac.id/index.php/Griya/index>
- Seroan, M., Husin, A., Tunas, W., Songkilawang, G., Maarial, A., & Damogalad, F. (2024). View of Pemodelan Matematika untuk Perkiraan Jumlah Penduduk Kabupaten Minahasa pada Tahun 2026 dan 2027 Menggunakan Model Logistik.pdf. *Algoritma*, 2(2), 179–198. <https://journal.arimsi.or.id/index.php/Algoritma/article/view/100/162>
- Siregar, S. (2024). *Tembus 15.386.640 jiwa, Sumut Urutan ke-4 Penduduk Terpadat di Indonesia*. *Mistar.Id*.
<https://mistar.id/news/medan/tembus-15-386-640-jiwa-sumut-urutan-ke-4-penduduk-terpadat-di-indonesia/>
- Statistik, B. P. (2023). *Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Provinsi dan Jenis Kendaraan (unit), 2017-2023*. <https://www.bps.go.id>
- Sudaryana, B. (2022). *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. Penerbit Deepublish.